

Rec'd

01 APR 2003

10/529942

PCT/JP 2004/009580

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

22.07.2004

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日 . 2 0 0 3 年 7 月 1 0 日  
Date of Application:

出 願 番 号 特 願 2 0 0 3 - 1 9 5 2 3 3  
Application Number:

[ST. 10/C] : [ J P 2 0 0 3 - 1 9 5 2 3 3 ]

出 願 人 トヨタ自動車株式会社  
Applicant(s):

REC'D 10 SEP 2004

WIPO

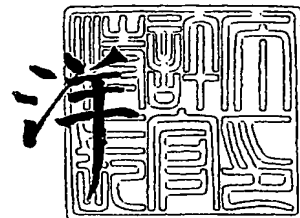
PCT

PRIORITY DOCUMENT  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH  
RULE 17.1(a) OR (b)

2 0 0 4 年 8 月 2 6 日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

小 川



出証番号 出証特 2 0 0 4 - 3 0 7 6 3 0 4

【書類名】 特許願

【整理番号】 1033448

【提出日】 平成15年 7月10日

【あて先】 特許庁長官 太田 信一郎 殿

【国際特許分類】 F02D 45/00  
F02D 41/14

【発明の名称】 内燃機関の吸入空気量推定装置

【請求項の数】 6

【発明者】

【住所又は居所】 愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

【氏名】 武藤 晴文

【発明者】

【住所又は居所】 愛知県豊田市豊栄町2丁目88番地 株式会社トヨタテ  
クノサービス内

【氏名】 利光 勇

【発明者】

【住所又は居所】 愛知県豊田市豊栄町2丁目88番地 株式会社トヨタテ  
クノサービス内

【氏名】 阿南 貴宏

【特許出願人】

【識別番号】 000003207

【氏名又は名称】 トヨタ自動車株式会社

【代理人】

【識別番号】 100099759

【弁理士】

【氏名又は名称】 青木 篤

【電話番号】 03-5470-1900

## 【選任した代理人】

【識別番号】 100092624

【弁理士】

【氏名又は名称】 鶴田 準一

## 【選任した代理人】

【識別番号】 100102819

【弁理士】

【氏名又は名称】 島田 哲郎

## 【選任した代理人】

【識別番号】 100082898

【弁理士】

【氏名又は名称】 西山 雅也

## 【手数料の表示】

【予納台帳番号】 008268

【納付金額】 21,000円

## 【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0306635

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 内燃機関の吸入空気量推定装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 スロットル弁より上流側の上流側吸気圧とスロットル弁より下流側の下流側吸気圧とを使用してスロットル弁通過空気量を算出し、前記スロットル弁通過空気量に基づき吸入空気量を推定する内燃機関の吸入空気量推定装置において、前記スロットル弁通過空気量の算出に使用される前記上流側吸気圧は、少なくとも大気圧に対するエアクリーナの圧損が考慮されて測定又は算出されることを特徴とする内燃機関の吸入空気量推定装置。

【請求項 2】 今回の前記スロットル弁通過空気量を算出するために使用する今回の前記上流側吸気圧は、大気圧からエアクリーナの前記圧損を減算して算出され、前記圧損は、前記エアクリーナを通過する空気流量として、エアフローメータにより検出される吸入空気量又は前回算出されたスロットル弁通過空気量を使用して算出されることを特徴とする請求項 1 に記載の内燃機関の吸入空気量推定装置。

【請求項 3】 前記圧損を前回算出されたスロットル弁通過空気量を使用して算出することにより今回の前記上流側吸気圧を算出し、算出された前記今回の上流側吸気圧と今回の前記下流側吸気圧とを使用して今回の前記スロットル弁通過空気量が算出され、算出された前記今回のスロットル弁通過空気量は、前記今回の上流側吸気圧と前回の下流側吸気圧とを使用して算出される前回の仮のスロットル弁通過空気量と、前回の上流側吸気圧と前回の下流側吸気圧とを使用して算出される前回のスロットル弁通過空気量との差により補正されることを特徴とする請求項 2 に記載の内燃機関の吸入空気量推定装置。

【請求項 4】 前記前回の仮のスロットル弁通過空気量が算出された時には、前記仮のスロットル弁通過空気量に基づき前回の下流側吸気圧を算出し直すことを特徴とする請求項 3 に記載の内燃機関の吸入空気量推定装置。

【請求項 5】 前記スロットル弁通過空気量は、前記上流側吸気圧と前記下流側吸気圧との比と、スロットル弁の開口面積又は開度とに基づき算出されることを特徴とする請求項 1 から 4 のいずれかに記載の内燃機関の吸入空気量推定装

置。

【請求項 6】 前記スロットル弁通過空気量は、前記開口面積又は前記開度だけを変数とする第一関数と、前記比を変数とする第二関数と、前記第一関数をスロットル弁より上流側の現在の吸気温度に基づき補正する第一補正項と、前記第一関数を現在の前記上流側吸気圧とに基づき補正する第二補正項との積によって算出されることを特徴とする請求項 5 に記載の内燃機関の吸入空気量推定装置

。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、内燃機関の吸入空気量推定装置に関する。

【0002】

【従来の技術】

正確な空燃比制御を実現するためには、実際に気筒内へ供給された吸入空気量に対して燃料噴射量を決定しなければならない。吸入空気量を検出するために、一般的には、機関吸気系にエアフローメータが配置されているが、エアフローメータは応答遅れを有しているために、機関過渡時となると吸入空気量の正確な検出は不可能である。それにより、機関過渡時を含めて計算により吸入空気量を推定することが提案されている（例えば、特許文献 1 参照）。

【0003】

【特許文献 1】

特開 2 0 0 2 - 1 3 0 0 3 9 号公報

【特許文献 2】

特開 2 0 0 2 - 2 0 1 9 9 8 号公報

【0004】

【発明が解決しようとする課題】

吸入空気量の推定には、スロットル弁をモデル化し、スロットル弁上流側の吸気圧とスロットル弁下流側の吸気圧との違いに基づきスロットル弁を通過する空気量を算出することが必要とされる。このスロットル弁通過空気量の算出に際し

て、前述の従来技術では、スロットル弁下流側の吸気圧、すなわち、吸気管圧力は変化させているが、スロットル弁上流側の吸気圧は大気圧としているために、正確なスロットル弁通過空気量が算出されない。それにより、正確な吸入空気量を推定することができない。

#### 【0005】

従って、本発明の目的は、従来に比較して正確な吸入空気量の推定を可能とする内燃機関の吸入空気量推定装置を提供することである。

#### 【0006】

##### 【課題を解決するための手段】

本発明による請求項1に記載の内燃機関の吸入空気量推定装置は、スロットル弁より上流側の上流側吸気圧とスロットル弁より下流側の下流側吸気圧とを使用してスロットル弁通過空気量を算出し、前記スロットル弁通過空気量に基づき吸入空気量を推定する内燃機関の吸入空気量推定装置において、前記スロットル弁通過空気量の算出に使用される前記上流側吸気圧は、少なくとも大気圧に対するエアクリーナの圧損が考慮されて測定又は算出されることを特徴とする。

#### 【0007】

スロットル弁通過空気量を算出するのに使用される上流側吸気圧は、機関吸気系におけるスロットル弁上流側の圧損があるために、実際的には大気圧と異なるものである。それにより、請求項1に記載の内燃機関の吸入空気量推定装置では、上流側吸気圧は、少なくとも大気圧に対するエアクリーナの圧損が考慮されて測定又は算出されるようにしている。

#### 【0008】

また、本発明による請求項2に記載の内燃機関の吸入空気量推定装置は、請求項1に記載の内燃機関の吸入空気量推定装置において、今回の前記スロットル弁通過空気量を算出するために使用する今回の前記上流側吸気圧は、大気圧からエアクリーナの前記圧損を減算して算出され、前記圧損は、前記エアクリーナを通過する空気流量として、エアフローメータにより検出される吸入空気量又は前回算出されたスロットル弁通過空気量を使用して算出されることを特徴とする。

#### 【0009】

また、本発明による請求項 3 に記載の内燃機関の吸入空気量推定装置は、請求項 2 に記載の内燃機関の吸入空気量推定装置において、前記圧損を前回算出されたスロットル弁通過空気量を使用して算出することにより今回の前記上流側吸気圧を算出し、算出された前記今回の上流側吸気圧と今回の前記下流側吸気圧とを使用して今回の前記スロットル弁通過空気量が算出され、算出された前記今回のスロットル弁通過空気量は、前記今回の上流側吸気圧と前回の下流側吸気圧とを使用して算出される前回の仮のスロットル弁通過空気量と、前回の上流側吸気圧と前回の下流側吸気圧とを使用して算出される前回のスロットル弁通過空気量との差により補正されることを特徴とする。

#### 【0 0 1 0】

前回算出されたスロットル弁通過空気量に基づく今回の上流側吸気圧は、実際的には、前回の上流側吸気圧に近い値である。それにより、今回の上流側吸気圧と前回の下流側吸気圧とを使用して算出される前回の仮のスロットル弁通過空気量は、前回の上流側吸気圧と前回の下流側吸気圧とを使用して算出される前回のスロットル弁通過空気量より真値に近い。従って、前回の仮のスロットル弁通過空気量と前回のスロットル弁通過空気量との差は前回のスロットル弁通過空気量の算出誤差と考えることができる。こうして、請求項 3 に記載の内燃機関の吸入空気量推定装置では、今回の上流側吸気圧と今回の下流側吸気圧とを使用して算出された今回の前記スロットル弁通過空気量を、前回の仮のスロットル弁通過空気量と前回のスロットル弁通過空気量との差により補正している。

#### 【0 0 1 1】

また、本発明による請求項 4 に記載の内燃機関の吸入空気量推定装置は、請求項 3 に記載の内燃機関の吸入空気量推定装置において、前記前回の仮のスロットル弁通過空気量が算出された時には、前記仮のスロットル弁通過空気量に基づき前回の下流側吸気圧を算出し直すことを特徴とする。請求項 4 に記載の内燃機関の吸入空気量推定装置では、真値に近い前回の仮のスロットル弁通過空気量に基づき前回のスロットル弁通過空気量を算出し直している。

#### 【0 0 1 2】

また、本発明による請求項 5 に記載の内燃機関の吸入空気量推定装置は、請求

項 1 から 4 のいずれかに記載の内燃機関の吸入空気量推定装置において、前記スロットル弁通過空気量は、前記上流側吸気圧と前記下流側吸気圧との比と、スロットル弁の開口面積又は開度とに基づき算出されることを特徴とする。

#### 【0013】

また、本発明による請求項 6 に記載の内燃機関の吸入空気量推定装置は、請求項 5 に記載の内燃機関の吸入空気量推定装置において、前記スロットル弁通過空気量は、前記開口面積又は前記開度だけを変数とする第一関数と、前記比を変数とする第二関数と、前記第一関数をスロットル弁より上流側の現在の吸気温度に基づき補正する第一補正項と、前記第一関数を現在の前記上流側吸気圧とに基づき補正する第二補正項との積によって算出されることを特徴とする。

#### 【0014】

##### 【発明の実施の形態】

図 1 は、本発明による吸気量推定装置が取り付けられる内燃機関を示す概略図である。同図において、1 は機関本体であり、2 は各気筒共通のサージタンクである。3 はサージタンク 2 と各気筒とを連通する吸気枝管であり、4 はサージタンク 2 の上流側の吸気通路である。各吸気枝管 3 には燃料噴射弁 5 が配置され、吸気通路 4 におけるサージタンク 2 の直上流側にはスロットル弁 6 が配置されている。スロットル弁 6 は、アクセルペダルに連動するものでも良いが、ここではステップモータ等の駆動装置によって自由に開度設定可能なものとしている。7 は吸気通路 4 のスロットル弁 6 より上流側の吸気圧を検出するための圧力センサである。この上流側吸気圧は、機関吸気系の最上流部に設けられているエアクリーナ 11 の圧損があるために、機関運転中においては大気圧より低い圧力となっている。

#### 【0015】

内燃機関 1 における燃焼空燃比を、例えば、理論空燃比等の所望空燃比にするためには、機関過渡時を含めて気筒内へ流入した吸入空気量を正確に把握しなければならない。本実施形態においては、機関吸気系を以下のようにモデル化して吸入空気量を推定するようにしている。

#### 【0016】



先ず、スロットル弁6をモデル化することにより、吸気がスロットル弁6を通過する際のエネルギー保存則、運動量保存則、及び、状態方程式を使用して、今回のスロットル弁通過空気量  $mt_{(i)}$  (g/sec) が、次式(1)によって表される。以下の式を含めて、スロットル弁通過空気量等の変数の添え字 (i) は今回 (現在) を示し、(i-1) は前回を示している。

【数1】

$$mt_{(i)} = \mu_{(i)} \cdot A_{(i)} \cdot \frac{P_{ac(i)}}{\sqrt{R \cdot T_{a(i)}}} \cdot \Phi(P_{m(i)} / P_{ac(i)}) \quad \dots (1)$$

$$= \mu_{(i)} \cdot A_{(i)} \cdot \frac{P_{a0}}{\sqrt{R \cdot T_0}} \cdot \sqrt{\frac{T_0}{T_{a(i)}}} \cdot \frac{P_{ac(i)}}{P_{a0}} \cdot \Phi(P_{m(i)} / P_{ac(i)}) \quad \dots (1)'$$

$$= \mu_{(i)} \cdot A_{(i)} \cdot \frac{P_{a0}}{\sqrt{R \cdot T_0}} \cdot k_{tha} \cdot k_{pac} \cdot \Phi(P_{m(i)} / P_{ac(i)}) \quad \dots (1)''$$

$$= F(T_{a(i)}) \cdot k_{tha} \cdot k_{pac} \cdot \Phi(P_{m(i)} / P_{ac(i)}) \quad \dots (1)'''$$

【0017】

ここで、 $\mu_{(i)}$  は流量係数であり、 $A_{(i)}$  はスロットル弁6の開口面積 (m<sup>2</sup>) である。もちろん、機関吸気系にアイドルスピードコントロールバルブ (ISC弁) が設けられている時には、 $A_{(i)}$  には、ISC弁の開口面積が加えられる。流量係数及びスロットル弁の開口面積は、それぞれがスロットル弁開度  $TA_{(i)}$  (度) の関数となっており、図2及び3には、それぞれのスロットル弁開度  $TA$  に対するマップが図示されている。Rは気体定数であり、 $T_a$  はスロットル弁上流側の吸気温度 (K) であり、 $P_{ac(i)}$  はスロットル弁より上流側の吸気圧 (kPa) であり、 $P_{m(i)}$  はスロットル弁下流側の吸気圧、すなわち、下流側吸気圧 (kPa) である。また、関数  $\Phi$  に関しては後述する。

【0018】

ところで、式(1)は、スロットル弁上流側の吸気温度の標準値  $T_0$  と、上流側吸気圧の標準値  $P_{a0}$  とを使用して式(1)'のように置き換えることができる。吸

気温度の標準値  $T_0$  を現在の吸気温度  $T_a$  へ変換するための補正項を第1補正項  $k_{tha}$  とし、上流側吸気圧の標準値  $P_{a0}$  を現在の上流側吸気圧  $P_{ac}(i)$  へ変換するための補正項を第2補正項  $k_{pac}$  とすれば、式(1)'は式(1)''のように置き換えることができる。さらに、式(1)''は、スロットル弁開度  $TA(i)$  だけを変数とする関数  $F(TA(i))$  と、関数  $\Phi$  と、第1補正項  $k_{tha}$  と、第2補正項  $k_{pac}$  との積の形とした式(1)'''のように置き換えることができる。このように、式(1)を置き換えることによって、関数  $F$  のマップ化は容易であり、スロットル弁通過空気量  $m_t(i)$  を簡単に算出することができる。

#### 【0019】

ここで、関数  $F$  は、スロットル弁の開口面積  $A(i)$  だけを変数とする関数に置換しても良い。現在の第1補正項  $k_{tha}(i)$  の算出に使用される現在のスロットル弁上流側の吸気温度  $T_a(i)$  は、吸気通路4のスロットル弁6の上流側に温度センサ（図示せず）を配置して、この温度センサにより検出することが好ましいが、この吸気温度は、エアクリーナ11の圧損とは無関係に外気温度とほぼ等しいと考えることができ、外気温度センサにより検出された外気温度を吸気温度として使用しても良い。

#### 【0020】

一方、上流側吸気圧は、刻々変化するために、スロットル弁通過空気量  $m_t$  を算出する毎に圧力センサ7によって現在の上流側吸気圧  $P_{ac}(i)$  を検出し、これを第2補正係数  $k_{pac}(i)$  の算出に使用することが好ましい。

#### 【0021】

関数  $\Phi(P_m(i)/P_{ac}(i))$  は、比熱比  $\kappa$  を使用して次式(2)によって表されるものであり、図4には  $P_m/P_a$  に対するマップが図示されている。

【数 2】

$$\frac{P_{m(i)}}{P_{ac(i)}} \leq \frac{1}{\kappa + 1} \text{ の場合}$$

$$\Phi(P_{m(i)} / P_{ac(i)}) = \sqrt{\frac{\kappa}{2 \cdot (\kappa + 1)}}$$

… (2)

$$\frac{P_{m(i)}}{P_{ac(i)}} > \frac{1}{\kappa + 1} \text{ の場合}$$

$$\Phi(P_{m(i)} / P_{ac(i)}) = \sqrt{\left\{ \frac{\kappa - 1}{2 \cdot \kappa} \cdot \left( 1 - \frac{P_{m(i)}}{P_{ac(i)}} \right) + \frac{P_{m(i)}}{P_{ac(i)}} \right\} \cdot \left( 1 - \frac{P_{m(i)}}{P_{ac(i)}} \right)}$$

【0022】

ところで、式(1) (又は式(1)''') 及び式(2)において、上流側吸気圧  $P_{ac(i)}$  は、圧力センサ 7 を使用しないで算出することも可能である。大気圧  $P_a$  と上流側吸気圧  $P_{ac}$  との差は、ベルヌーイの定理により、次式(3)のように表すことができる。

【数3】

$$P_a - P_{ac} = \frac{1}{2} \rho v^2 = k \frac{G_a^2}{\rho} \quad \dots (3)$$

$$= \frac{k}{\rho_0} \cdot G_a^2 \cdot \frac{1}{ekpa \cdot ektha} \quad \dots (3)'$$

$$= \frac{f(G_a)}{ekpa \cdot ektha} \quad \dots (3)''$$

$$P_{ac(i)} = P_a - \frac{f(G_{a(i)})}{ekpa \cdot ektha} \quad \dots (4)$$

$$= P_a - \frac{f(mt_{(i-1)})}{ekpa \cdot ektha} \quad \dots (4)'$$

【0023】

ここで、 $\rho$ は大気密度であり、 $v$ はエアクリーナ11を通過する空気の流速であり、 $G_a$ はエアクリーナ11を通過する空気の流量であり、 $k$ は $v$ と $G_a$ の比例係数である。標準大気密度 $\rho_0$ と、標準大気密度 $\rho_0$ を現在の大気密度 $\rho$ へ変換するための圧力補正係数 $ekpa$ 及び温度補正係数 $ektha$ とを使用すれば、式(3)は式(3)'のように置き換えることができる。さらに、式(3)'は、流量 $G_a$ だけを変数とする関数 $f(G_a)$ を使用して式(3)''のように置き換えることができる。

【0024】

式(3)''は、現在の上流側吸気圧 $P_{ac(i)}$ を表す式(4)のように変形することができる。式(4)において、現在の流量 $G_{a(i)}$ は、エアクリーナ11の直下流側にエアフローメータが設けられている場合には、このエアフローメータにより検出することができる。また、圧力補正係数 $ekpa$ は、検出される現在の大気圧により設定可能であり、温度補正係数 $ektha$ は、検出される現在の大気温度により設定可能である。

【0025】

また、式(4)において、エアクリーナ 1 1 を通過する空気の流量  $G a (i)$  は、スロットル弁通過空気量  $m t$  と考えることができ、式(4)は式(4)' のように変形することができる。但し、式(1) (又は式(1)''') において説明したように、現在のスロットル弁通過空気量  $m t (i)$  を算出するためには現在の upstream 吸気圧  $P a c (i)$  が必要であるために、現在の upstream 吸気圧  $P a c (i)$  を算出するには、スロットル弁通過空気量として前回のスロットル弁通過空気量  $m t (i-1)$  を使用せざるを得ない。

#### 【 0 0 2 6 】

次いで、吸気弁をモデル化する。気筒内へ供給される吸入空気量  $m c (i)$  ( g / s e c ) は、downstream 吸気圧、すなわち、吸気管圧力  $P m (i)$  に基づきほぼ線形に変化するものであるために、次式(5)に示す一次関数によって表すことができる。

#### 【数 4】

$$m c_{(i)} = \frac{T a_{(i)}}{T m_{(i)}} \cdot (a \cdot P m_{(i)} - b) \quad \dots (5)$$

#### 【 0 0 2 7 】

ここで、 $T m (i)$  はスロットル弁 downstream の吸気温度 ( K ) であり、 $a$  及び  $b$  は一次関数を特定するためのパラメータである。 $b$  は気筒内の残留既燃ガス量に相当する値であり、バルブオーバーラップがある場合には、吸気管へ既燃ガスが逆流するために、 $b$  の値は無視できないほど増加する。また、バルブオーバーラップがある場合において、吸気管圧力  $P m$  が所定圧力以上である時には、吸気管圧力が高いほど既燃ガスの逆流が顕著に減少するために、所定値以下である時に比較して、 $a$  の値は大きくされると共に  $b$  の値は小さくされる。

#### 【 0 0 2 8 】

このように、吸入空気量  $m c$  を算出するために使用される一次関数は、内燃機関毎に異なるものであると共に機関運転状態によっても変化するものである。それにより、内燃機関毎及び機関運転状態毎にパラメータ  $a$  ,  $b$  をマップ化してお

くことが好ましい。

【0029】

次いで、吸気管をモデル化する。吸気管内に存在する吸気の質量保存則、エネルギー保存則、及び、状態方程式を使用して、吸気管圧力  $P_m$  とスロットル弁下流側の吸気温度  $T_m$  との比における時間変化率は次式(6)によって表され、また、吸気管圧力  $P_m$  の時間変化率は次式(7)によって表される。ここで、 $V$  は吸気管の容積 ( $m^3$ )、すなわち、機関吸気系におけるスロットル弁下流側の容積であり、具体的には、吸気通路4の一部とサージタンク2と吸気枝管3との合計容積である。

【数5】

$$\frac{d}{dt} \left( \frac{P_m}{T_m} \right) = \frac{R}{V} \cdot (m_t - m_c) \quad \dots (6)$$

$$\frac{dP_m}{dt} = \kappa \cdot \frac{R}{V} \cdot (m_t \cdot T_a - m_c \cdot T_m) \quad \dots (7)$$

【0030】

式(6)及び式(7)は離散化され、それぞれ、次式(8)及び(9)が得られ、式(9)によって今回の吸気管圧力  $P_m(i)$  が得られれば、式(8)によって今回の吸気管内の吸気温度  $T_m(i)$  を得ることができる。式(8)及び(9)において、離散時間  $\Delta t$  は、吸入空気量  $m_c(i)$  を算出するためのフローチャート(図5)における実行間隔とされ、例えば8msである。

【数6】

$$\frac{P_m}{T_m}(i) = \frac{P_m}{T_m}(i-1) + \Delta t \cdot \frac{R}{V} \cdot (m_{t(i-1)} - m_{c(i-1)}) \quad \dots (8)$$

$$P_m(i) = P_m(i-1) + \Delta t \cdot \kappa \cdot \frac{R}{V} \cdot (m_{t(i-1)} \cdot T_{a(i-1)} - m_{c(i-1)} \cdot T_{m(i-1)}) \quad \dots (9)$$

### 【0031】

次に、図5に示すフローチャートを説明する。本フローチャートは、機関始動完了と同時に実行される。まず、ステップ101において、式(9)を使用して下流側吸気圧（吸気管圧力） $P_{m(i)}$ が算出される。式(9)において、前回の吸気管圧力 $P_{m(i-1)}$ （初期値は大気圧 $P_a$ ）と、前回のスロットル弁通過空気量 $m_{t(i-1)}$ と、前回のスロットル弁より上流側の吸気温度 $T_{a(i-1)}$ と、前回の吸入空気量 $m_{c(i-1)}$ と、前回の吸気管内の吸気温度 $T_{m(i-1)}$ （初期値は上流側の吸気温度）とを使用して、今回の吸気管圧力 $P_{m(i)}$ を算出する。スロットル弁通過空気量 $m_{t(i-1)}$ の初期値は、他の初期値を使用して式(1)'''により算出され、吸入空気量 $m_{c(i-1)}$ の初期値は、他の初期値を使用して式(5)により算出される。

### 【0032】

次いで、ステップ102において、式(8)を使用して今回の吸気管内の吸気温度 $T_{m(i)}$ が算出される。次いで、ステップ103において、式(4)'を使用して、前回のスロットル弁通過空気量 $m_{t(i-1)}$ に基づき上流側吸気圧 $P_{a c(i)}$ が算出される。こうして、ステップ101において下流側吸気圧 $P_{m(i)}$ が算出され、ステップ103において上流側吸気圧 $P_{a c(i)}$ が算出されれば、式(1)'''を使用して現在のスロットル弁開度 $T A(i)$ に基づき現在のスロットル弁通過空気量 $m_{t(i)}$ を算出することができる。

### 【0033】

しかしながら、ステップ103において算出された今回の上流側吸気圧 $P_{a c(i)}$ は、前回のスロットル弁通過空気量 $m_{t(i-1)}$ に基づくものであるために、実際的には、前回の上流側吸気圧に近い値である。それにより、今回の下流側吸気圧 $P_{m(i)}$ と今回の上流側吸気圧 $P_{a c(i)}$ とは時間的に一致しておらず、これらの比に基づき関数 $\Phi$ を算出しても、正確なスロットル弁通過空気量 $m_{t(i)}$ を算出することはできない。

### 【0034】

本フローチャートでは、正確なスロットル弁通過空気量 $m_{t(i)}$ を算出するために以下の処理を実施する。まず、ステップ104では、次式(10)により前回の

仮のスロットル弁通過空気量  $mt1(i-1)$  を算出する。式(10)は、式(1)'''において、前回値に近い上流側吸気圧  $Pac(i)$  をそのままとして、スロットル弁開度、第1補正係数、第2補正係数、及び下流側吸気圧を前回値としたものである。こうして、式(10)により算出される前回の仮のスロットル弁通過空気量  $mt1(i-1)$  は、前回のスロットル弁通過空気量の真値に近い値となる。

【数7】

$$mt1_{(i-1)} = F(TA_{(i-1)}) \cdot ktha \cdot kpac \cdot \Phi(Pm_{(i-1)}/Pac_{(i)}) \quad \dots (10)$$

【0035】

前回の仮のスロットル弁通過空気量  $mt1(i-1)$  の算出には、前回の下流側吸気圧  $Pm(i-1)$  が使用されているが、この下流側吸気圧  $Pm(i-1)$  を算出するのに使用された前前回のスロットル弁通過空気量  $mt(i-2)$  の信頼性は高くなく、それにより、前回の仮のスロットル弁通過空気量  $mt1(i-1)$  に基づき、前回の下流側吸気圧  $Pm(i-1)$  を算出し直すことが好ましい。それにより、ステップ105では、次式(11)を使用して、前回の仮のスロットル弁通過空気量  $mt1(i-1)$  に基づき前回の下流側吸気圧  $Pm(i-1)$  を算出する。式(11)は、前述の式(9)とは異なり、スロットル弁通過空気量と、算出される下流側吸気圧とは同じ時刻としている。

【数8】

$$Pm_{(i-1)} = Pm_{(i-2)} + \Delta t \cdot \kappa \cdot \frac{R}{V} (mt1_{(i-1)} \cdot Ta_{(i-1)} - mc_{(i-1)} \cdot Tm_{(i-1)}) \quad \dots (11)$$

【0036】

こうして、前回の下流側吸気圧  $Pm(i-1)$  が算出し直されれば、ステップ106では、式(8)を使用して前回の下流側吸気温度  $Tm(i-1)$  を算出し直し、ステップ107では、式(5)を使用して前回の吸入空気量  $mc(i-1)$  を算出し直す。



【0037】

次いで、ステップ108において、式(10)と同じ式を使用して、ステップ105において算出し直された前回の下流側吸気圧  $P_{m(i-1)}$  に基づき新たな前回の仮のスロットル弁通過空気量  $m_{t2(i-1)}$  を算出する。この  $m_{t2(i-1)}$  の算出に際して、使用する上流側吸気圧  $P_{ac(i)}$  を  $m_{t1(i-1)}$  を使用して算出し直しても良い。こうして算出された前回の仮のスロットル弁通過空気量  $m_{t2(i-1)}$  は、さらに真値に近いものとなっている。

【0038】

次いで、ステップ109では、新たな前回の仮のスロットル弁通過空気量  $m_{t2(i-1)}$  と古い前回の仮のスロットル弁通過空気量  $m_{t1(i-1)}$  との差が設定値  $d$  より小さくなったか否かが判断され、すなわち、新たに算出される前回の仮のスロットル弁通過空気量  $m_{t2(i-1)}$  が十分に真値に収束したか否かが判断される。ステップ109における判断が否定される時には、ステップ110において、新たな前回の仮のスロットル弁通過空気量  $m_{t2(i-1)}$  は、古い前回の仮のスロットル弁通過空気量  $m_{t1(i-1)}$  とされ、ステップ105以降の処理が繰り返される。この時、ステップ105において、前回の仮のスロットル弁通過空気量  $m_{t1(i-1)}$  だけでなく、前回の下流側吸気温度  $T_{m(i-1)}$  及び前回の吸入空気量  $m_{c(i-1)}$  も真値に近づけられているために、算出される前回の下流側吸気圧  $P_{m(i-1)}$  もさらに真値に近づけられる。

【0039】

ステップ109における判断が肯定されれば、この時の前回の仮のスロットル弁通過空気量  $m_{t2(i-1)}$  は、殆ど真値となっている。それにより、この前回の仮のスロットル弁通過空気量  $m_{t2(i-1)}$  と式(1)'''を使用して算出された前回のスロットル弁通過空気量  $m_{t(i-1)}$  との差は、式(1)'''を使用した場合の計算誤差を比較的正確に表すものとなる。従って、ステップ111において、式(1)''を使用して算出した今回のスロットル弁通過空気量  $m_{t(i)}$  は前述の差により補正され、それにより、正確な今回のスロットル弁通過空気量  $m_{t(i)}$  を算出することができる。

【0040】

この今回のスロットル弁通過空気量  $m_t(i)$  の算出に使用する今回のスロットル弁開度  $T_A(i)$  は、現在のアクセルペダルの踏み込み量に対してスロットル弁の駆動装置（ステップモータ）の応答遅れ等が考慮されて推定される。

#### 【0041】

次いで、ステップ112では、ステップ101及び102により算出された今回の下流側吸気圧  $P_m(i)$  及び今回の下流側吸気温度  $T_m(i)$  に基づき式(5)を使用して今回の吸入空気量  $m_c(i)$  を算出する。前述したようにして正確なスロットル弁通過空気量が算出されるために、これに基づき算出される下流側吸気圧が正確なものとなり、さらに、この下流側吸気圧に基づき算出される吸入空気量も正確なものとなる。次いで、フローチャートには示していないが、今回の下流側吸気圧  $P_m(i)$ 、今回の下流側吸気温度  $T_m(i)$ 、今回のスロットル弁通過空気量  $m_t(i)$ 、今回の吸入空気量  $m_c(i)$ 、及び今回の上流側吸気温度  $T_a(i)$  は、それぞれ前回値として記憶され、次のフローチャートの実施に備えられる。

#### 【0042】

図5に示すフローチャートでは、前回の仮のスロットル弁通過空気量  $m_{t2}(i-1)$  を真値にかなり近づけるまで（ステップ109における判断が肯定されるまで）、前回の下流側吸気圧  $P_m(i-1)$  及び前回の仮のスロットル弁通過空気量  $m_{t2}(i-1)$  の算出を繰り返すようにしたが、この繰り返し回数を予め設定するようにしても良い。また、ステップ105から110の処理を省略して、ステップ104において前回の仮のスロットル弁通過空気量  $m_{t1}(i-1)$  が算出された後、直ぐにステップ111において今回のスロットル弁通過空気量  $m_t(i)$  を算出するようにしても良い。この場合において、ステップ111の式の  $m_{t2}(i-1)$  は  $m_{t1}(i-1)$  に置き換えて考えれば良い。

#### 【0043】

ところで、燃焼空燃比を正確に制御するためには、燃料噴射を開始する以前に気筒内への正確な吸入空気量を推定して、燃料噴射量を決定しなければならない。しかしながら、正確な吸入空気量を推定するためには、厳密には、吸気弁閉弁時における吸入空気流量を算出しなければならない。すなわち、燃料噴射量を決定する時において、現在の吸入空気量  $m_c(i)$  ではなく、吸気弁閉弁時における

吸入空気量  $m_c(i+n)$  を算出しなければならない。これは、図 1 に示すような吸気枝管 3 に燃料を噴射する内燃機関だけでなく、吸気行程において筒内へ直接燃料を噴射する内燃機関においても同様である。

#### 【0044】

そのためには、現在において、現在のスロットル弁開度  $TA(i)$  だけでなく、吸気弁閉弁時までの時間  $\Delta t$  毎のスロットル弁開度  $TA(i+1)$ ,  $TA(i+2)$ ,  $\dots$   $TA(i+n)$  に基づき、式(1)'''において  $TA$  を変化させ、各時間のスロットル弁通過空気量  $m_t$  を算出することが必要となる。

#### 【0045】

各時間のスロットル弁開度  $TA$  は、現在の時間に対するアクセルペダルの踏み込み変化量に基づき、この踏み込み変化量が吸気弁閉弁時まで持続するとして、各時間のアクセルペダルの踏み込み量を推定し、それぞれの推定踏み込み量に対して、スロットル弁アクチュエータの応答遅れを考慮して決定することが考えられる。この方法は、スロットル弁がアクセルペダルと機械的に連結されている場合にも適用することができる。

#### 【0046】

しかしながら、こうして推定される吸気弁閉弁時におけるスロットル弁開度  $TA(i+n)$  は、あくまでも予測であり、実際と一致している保証はない。吸気弁閉弁時におけるスロットル弁開度  $TA(i+n)$  を実際と一致させるために、スロットル弁を遅れ制御するようにしても良い。アクセルペダルの踏み込み量が増加した時に、アクチュエータの応答遅れによって、スロットル弁開度は遅れて変化するが、この遅れ制御は、このスロットル弁の応答遅れを意図的に増大させるものである。

#### 【0047】

例えば、機関過渡時において、燃料噴射量を決定する時における現在のアクセルペダルの踏み込み量に対応するスロットル弁開度が、吸気弁閉弁時に実現されるように、実際の応答遅れ（無駄時間）を考慮してスロットル弁のアクチュエータを制御すれば、現在から吸気弁閉弁時までの時間毎のスロットル弁開度  $TA(i)$ ,  $TA(i+1)$ ,  $\dots$   $TA(i+n)$  を正確に把握することができる。さらに具体的

に言えば、アクセルペダルの踏み込み量が増加する時には、直ぐにアクチュエータへ作動信号を発するのではなく、燃料噴射量を決定する時から吸気弁閉弁時までの時間から無駄時間を差し引いた時間だけ経過した時にアクチュエータへの作動信号を発するようにするのである。もちろん、現在のアクセルペダルの踏み込み量に対応するスロットル弁開度を、吸気弁閉弁時以降に実現するようにスロットル弁の遅れ制御を実施しても良い。

#### 【0048】

#### 【発明の効果】

請求項1に記載の内燃機関の吸入空気量推定装置によれば、スロットル弁通過空気量を算出するのに使用される上流側吸気圧は、少なくとも大気圧に対するエアクリーナの圧損が考慮されて吸気通路のスロットル弁上流側に配置された圧力センサにより測定され、又は、少なくとも大気圧に対するエアクリーナの圧損が考慮されて算出されるようにしているために、上流側吸気圧として大気圧を使用する場合に比較して、算出されるスロットル弁通過空気量が正確なものとなり、このスロットル弁通過空気量を使用して算出される吸入空気量を正確なものとすることができる。

#### 【図面の簡単な説明】

#### 【図1】

本発明による吸入空気量推定装置が取り付けられる内燃機関の概略図である。

#### 【図2】

スロットル弁開度 $T_A$ と流量係数 $\mu$ との関係を示すマップである。

#### 【図3】

スロットル弁開度 $T_A$ とスロットル弁の開口面積 $A$ との関係を示すマップである。

#### 【図4】

吸気管圧力 $P_m$ と大気圧 $P_a$ との比と、関数 $\Phi$ との関係を示すマップである。

#### 【図5】

吸入空気量を算出するためのフローチャートである。

#### 【符号の説明】

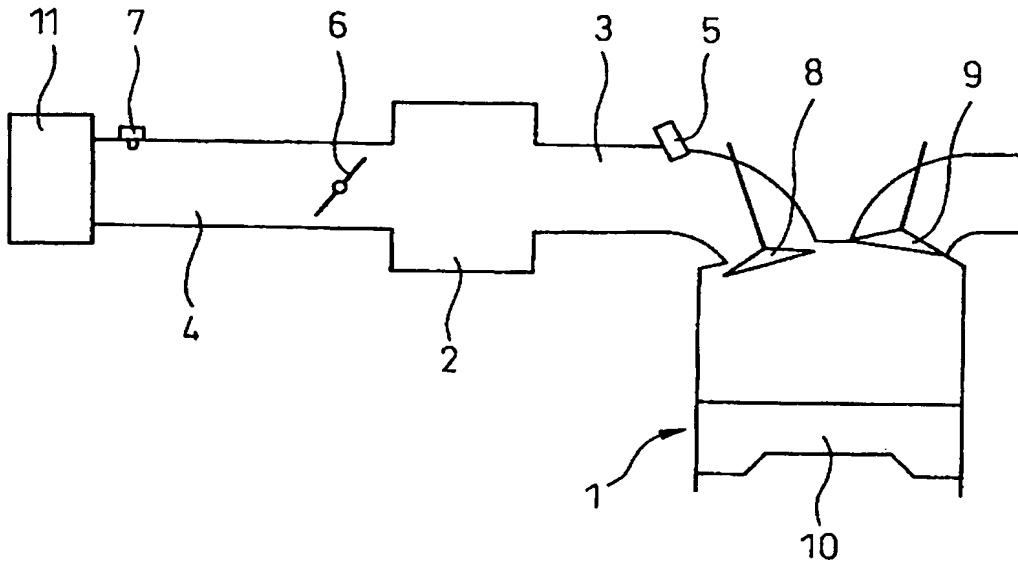
- 1 …機関本体
- 2 …サージタンク
- 3 …吸気枝管
- 4 …吸気通路
- 6 …スロットル弁
- 7 …圧力センサ
- 1 1 …エアクリーナ

【書類名】

図面

【図 1】

図 1



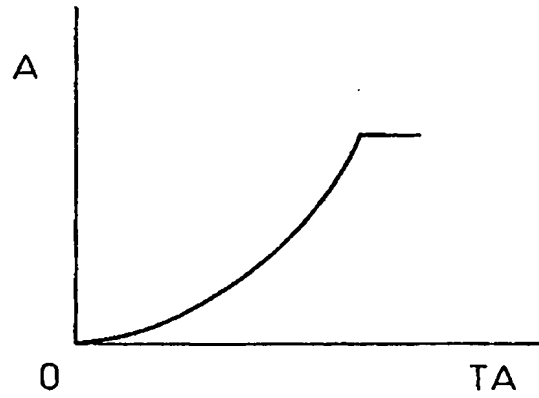
【図 2】

図 2



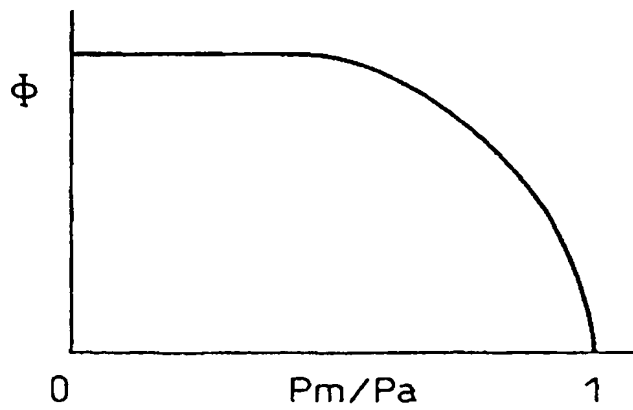
【図 3】

図 3



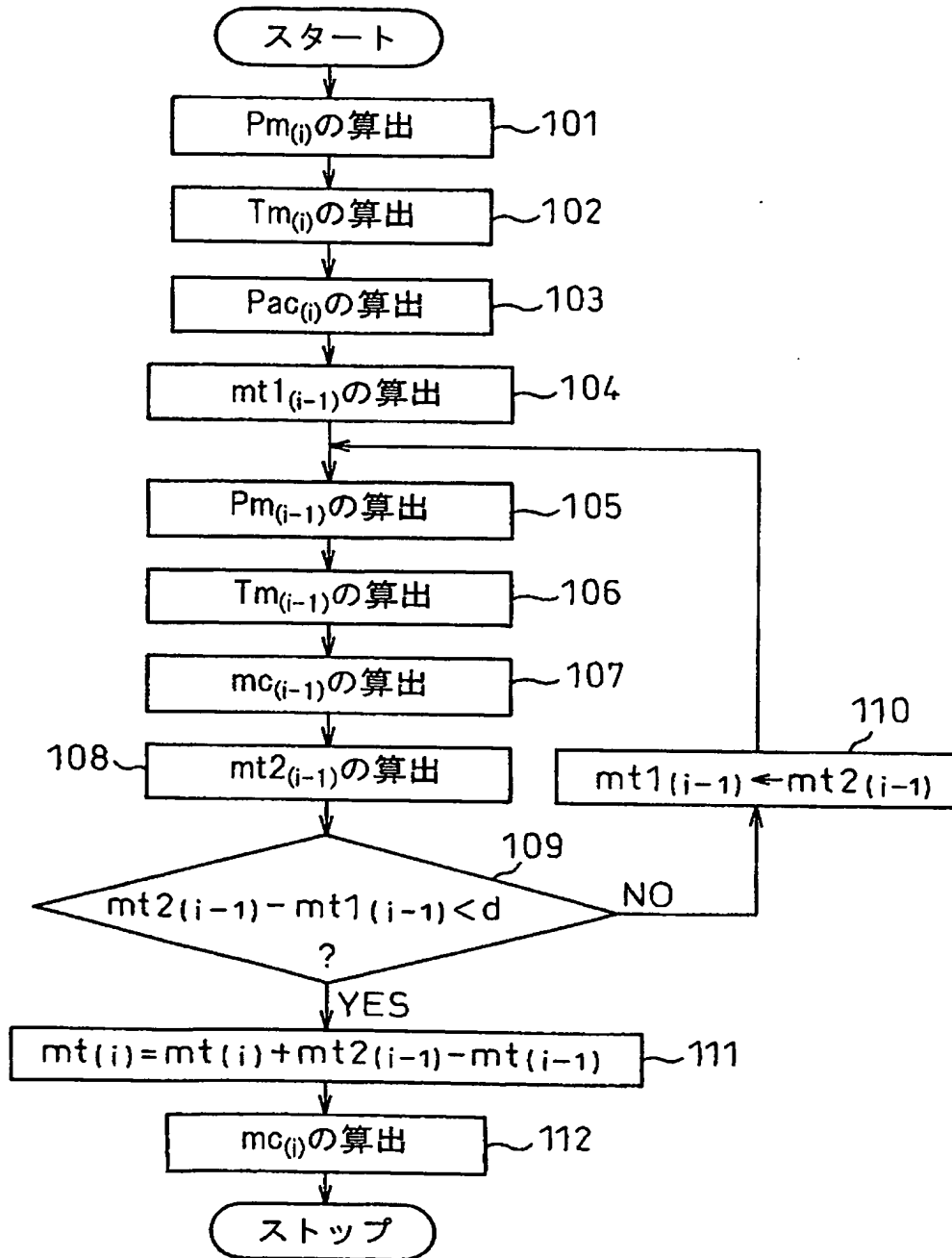
【図 4】

図 4



【図5】

図5





【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 従来に比較して正確な吸入空気量の推定を可能とする内燃機関の吸入空気量推定装置を提供する。

【解決手段】 スロットル弁 6 より上流側の上流側吸気圧とスロットル弁より下流側の下流側吸気圧とを使用してスロットル弁通過空気量を算出し、スロットル弁通過空気量に基づき吸入空気量を推定する内燃機関 1 の吸入空気量推定装置において、スロットル弁通過空気量の算出に使用される上流側吸気圧は、少なくとも大気圧に対するエアクリーナ 11 の圧損が考慮されて測定又は算出される。

【選択図】 図 1

特願 2 0 0 3 - 1 9 5 2 3 3

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[ 0 0 0 0 0 3 2 0 7 ]

1. 変更年月日

1 9 9 0 年 8 月 2 7 日

[変更理由]

新規登録

住 所

愛知県豊田市トヨタ町1番地

氏 名

トヨタ自動車株式会社

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☒ **BLACK BORDERS**
- ☒ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☒ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☒ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**